

DEL FOIX AL FRANCOLÍ. VARIACIONS DEL PAISATGE VEGETAL I DE LA COSTA DES DE FA 7.000 ANYS A CONSEQUÈNCIA DELS CANVIS CLIMÀTICS

*Francesc Burjachs^{1, 2, 3}, Santiago Riera⁴, Isabel Expósito^{2, 3}, Cristina Val-Peón⁵,
David Albalat⁶, Lothar Schulte⁷*

Resum: Aquest treball presenta una síntesi de les anàlisis efectuades, fins ara, en dipòsits holocènics del litoral català, a les desembocadures del riu Foix, la riera de Cunit, la riera de la Bisbal, el torrent de la Murtra i el riu Francolí. Els resultats obtinguts mostren que la vegetació i les maresmes es van veure afectades pels canvis climàtics globals. La màquia i alzinars regionals s'obrien o tancaven, en major o menor grau, en funció de les fluctuacions climàtiques i l'ús del territori per part de la nostra espècie. Durant els períodes de crisi d'aridesa/fred els estanys de les maresmes se salinitzaven o dessecaven estacionalment. A partir d'ara fa uns 4.000 anys, la tendència a l'aridesa per manca de pluges regulars es fa cada vegada més evident, sent més acusada als dipòsits de les planes fluvials de Cunit i el Vendrell. Aquesta tendència a la sequera queda demostrada per la corba decreixent dels arbres caducifolis. D'altra banda, els incendis forestals són continus al llarg del temps i incrementen la seva freqüència i extensió a les èpoques de crisi climàtica global.

Paraules clau: Anàlisi paleopalinològica, crisi climàtica, paleoambient, maresma, NE península ibèrica.

¹ ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, Catalunya. jburjachs@gmail.com. Jubilat.

² Institut Català de Paleoeologia Humana i Evolució Social (IPHES-CERCA). fburjachs@iphes.cat . iexposito@iphes.cat

³ Universitat Rovira i Virgili (URV), Departament d'Història i Història de l'Art. mariaisabel.exposito@urv.cat

⁴ Universitat de Barcelona, Facultat de Geografia i Història, Departament d'Història i Arqueologia SERP. rieram@ub.edu

⁵ Institute of Neotectonics and Natural Hazards, RWTH Aachen University. cvpwol@gmail.com

⁶ Geòleg dalbalat@colgeocat.org

⁷ Grup de Recerca FluvAlps, Facultat de Geografia i Història, Departament de Geografia, UB. schulte@ub.edu

Abstract: This work presents a synthesis of the analyses carried out in Holocene deposits of the Catalan coast, specifically at the mouths of the Foix river, the Cunit stream, the Bisbal stream, the Murtra stream and the Francolí river. The results obtained show that vegetation and salt marshes were affected by global climate changes. The regional maquis and oak groves exhibited varying degrees of opening or closure, depending on climatic fluctuations and the use of the territory by our species. During periods of aridity/cold crisis, the ponds in the marshes became saline or seasonally dried up. From about 4,000 years ago, the trend towards aridity due to the lack of regular rainfall became increasingly evident, especially in the deposits of the fluvial plains of Cunit and Vendrell. This trend to drought is evidenced by the decreasing curve of deciduous trees. Additionally, forest fires have been continuous over time, escalating in frequency and extent during periods of global climate crisis.

Keywords: Pollen analysis, climate crisis, palaeoenvironment, coastal marsh, NE Iberian Peninsula.

Introducció

En aquests darrers anys, la majoria de nosaltres ha pogut veure com les nostres platges reculaven en funció de temporals de tota mena, tant d'espectaculars com d'aparentment menys intensos. L'explicació oficial, que és la més simple, és que és una conseqüència del «canvi climàtic». En aquest treball exposem que hi ha més variables que intervenen en què aquest procés passi i que no és la primera vegada que succeeix, perquè el passat està ple de canvis en la línia de costa. Un treball previ entre Cubelles i Vilanova i la Geltrú ja va ser publicat per Riera (2003), on es mostra l'evolució de la costa al sector nord de la nostra zona d'estudi.

A través de les següents línies voldríem fer una pinzellada de com va estar configurat el litoral mediterrani entre la desembocadura del Foix i el Francolí en el passat holocènic, aquest període climàtic, interglacial, que estem vivint en l'actualitat i que va començar ara fa 11.700 anys. Ho farem a través dels resultats de l'anàlisi paleopalinològica i de la litologia dels sediments, que s'han anat obtenint, tant amb sondatges mecànics com manuals.

Materials

Per escriure aquestes ratlles hem fet servir els testimonis de sediment procedents de dipòsits d'aiguamolls de maresma, que han estat objecte d'estudi, entre les desembocadures del riu Foix (Mar Morta, Cubelles), al nord, i la del Francolí (La Tanca, a la

Pineda de Vila-seca) al sud; tot passant pels de la riera de Cunit (la Plana del Castell, Cunit), de la riera de la Bisbal (Les Madrigueres, el Vendrell) i del torrent de la Murta (El Gorg, Creixell) (Taula 1).

dipòsit	La Mar Morta	La Plana del Castell	Les Madrigueres	El Gorg	La Tanca
municipi	Cubelles	Cunit	El Vendrell	Creixell	Vila-seca
coordenades	41° 12' 05" N 01° 39' 58" E	41° 11' 42" N 01° 37' 37" E	41° 11' 06" N 01° 33' 05" E	41° 09' 37" N 01° 26' 43" E	41° 04' 59" N 01° 10' 32" E
metres s.n.m.	4,6	1,1	2	1	1,5
fondària assolida	700 cm	1700 cm	SM-1: 1450 cm SM-2: 3600 cm	275 cm	277 cm
segment analitzat	80-450 cm	140-450 cm	50-430 cm	10-275 cm	25-240 cm
cronologia de l'anàlisi pol·línica	470-5500 (anys cal BP)	2500-5700 (anys cal BP)	826-3905 (anys cal BP)	237-6575 (anys cal BP)	221-7000 (anys cal BP)

Taula 1: Dades de situació, metres de fondària analitzats i cronologia dels dipòsits estudiats. Els anys cal BP (calibrats Before Present) es refereixen a abans de 1950 AD (*Anno Domini*, edat del calendari catòlic)

A aquests sediments se'ls va aplicar l'anàlisi palinològica, que permet recuperar i determinar els grans de pol·len, els palinomorfs no pol·línics (a partir d'ara «NPPs»), principalment les espores i restes de fongs, microalgues, fauna microscòpica, etc., i les partícules de microcarbons. L'estudi dels grans de pol·len permet restituir la vegetació; els NPPs, les condicions ambientals locals, i els microcarbons, els incendis forestals.

La seqüència de la Mar Morta (Cubelles)

Aquest dipòsit a la desembocadura del Foix va ser sondejat l'any 1992 i els resultats foren publicats l'any 1994. El sonatge es realitzà mitjançant una sonda mecànica a rotació amb extracció de testimoni continu (Taula 1) a la paleollacuna de la Mar

Morta, actualment dessecada. Els seus resultats, que formaren part de la tesi doctoral de Santiago Riera, han estat usats en diversos articles, com per exemple a Riera *et* Esteban (1994), Burjachs *et* Riera (1996), Jalut *et al.* (2000), Riera (2003), Burjachs (2003), Riera (2012, 2022).

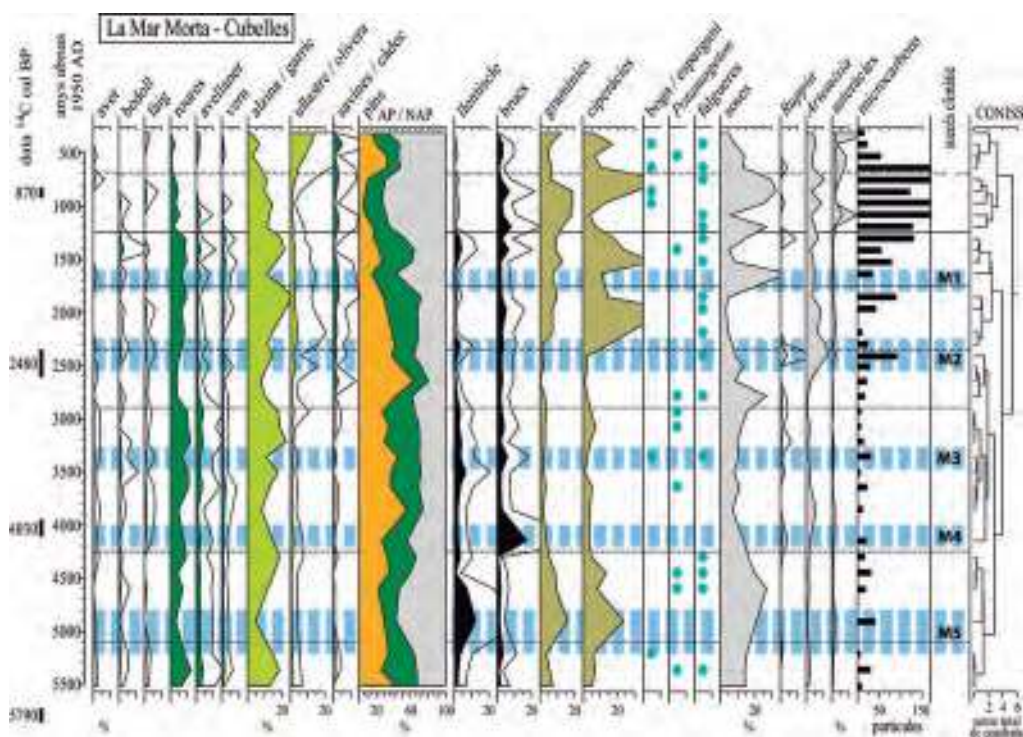


Fig. 1: Diagrama palinològic del sondeig de la Mar Morta (Cubelles, Garraf), a la desembocadura del riu de Foix. La doble corba sense trama d'alguns tàxons correspon a una exageració del valor real, a fi de visualitzar millor les seves fluctuacions. Els punts corresponen a valors inferiors a l'1%. La matriu de la dreta del diagrama correspon a la funció estadística CONISS (Grimm, 1987), que relaciona les mostres per vincle de veïnatge en sentit evolutiu. Aquestes anotacions són vàlides per a la resta de diagrames

La seqüència de la Plana del Castell (Cunit)

A la Plana del Castell (Taula 1) es va realitzar un sondatge mecànic a rotació amb extracció de testimoni continu el maig de 2019, que va assolir els 17 metres de fondària, per encàrrec de l'Ajuntament de Cunit (Albalat *et* Mallafré, 2019). Aquest dipòsit sedimentari està relacionat amb els ventalls de dues rieres: al nord, la riera de Cunit i al sud, una segona de menor entitat. Els resultats palinològics, sobretot els pol·línics, han estat molt escassos, de manera que no podem interpretar en aquest cas com va evolucionar la vegetació d'aquest enclavament.

[illegible]

Fig. 4: Diagrama palinològic del sondeig del Gorg (Creixell, Tarragonès), entre les desembocadures dels torrents de la Murtra i de la Masieta

El dipòsit analitzat al litoral de Creixell està ubicat entre el torrent de la Murtra, al nord, i el torrent de la Masieta, al sud; al costat de la via fèrria, per la banda de muntanya, en un espai que encara no ha estat urbanitzat. El sonatge es va realitzar amb una sonda manual (Schulte, 2003; Burjachs *et* Schulte, 2003; Burjachs, 2012, 2022) i forma part dels treballs de recerca del Departament de Geografia de la Universitat de Barcelona (prof. L. Schulte).

La seqüència de La Tanca (La Pineda, Vila-seca)

Aquest dipòsit es va sondejar durant l'agost de 2007 a la ribera de l'estanyol de la Tanca, dins del PEIN de la Séquia Major (la Pineda, Vila-seca). L'obtenció del testimoni de sediments es va efectuar mitjançant una sonda manual russa (Riera *et al.*, 2010). Aquest estudi forma part dels treballs de recerca del Departament d'Història i Arqueologia de la Universitat de Barcelona.

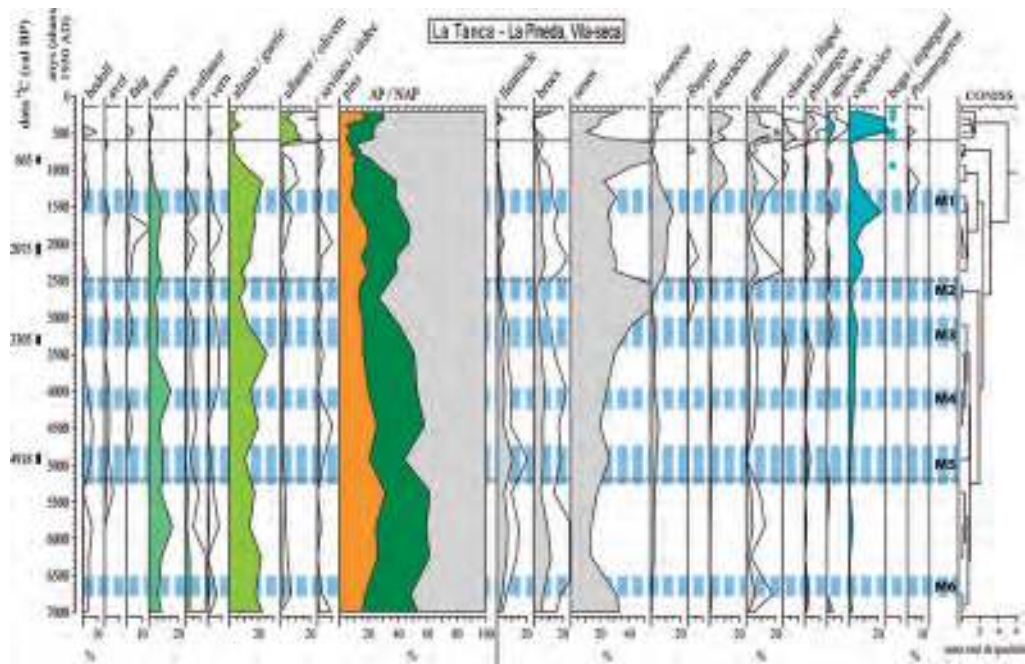


Fig. 5: Diagrama palinològic del sondeig de la Tanca (La Pineda, Vila-seca, Tarragonès), a la desembocadura del riu Francolí

Resultats i interpretació

Durant els darrers 11.700 anys (corresponents al període holocè), una època climàtica corresponent a l'actual cicle interglacial, de caràcter temperat, han succeït distints canvis climàtics de menor magnitud, que varen afectar tant les

comunitats vegetals i animals com la geomorfologia dels litorals marítims. Això vol dir que la composició de les comunitats vegetals va anar canviant lleugerament, en funció de les sequeres o períodes més humits; i, en menor mesura, per lleugers canvis de temperatura a escala global. Tanmateix, el nivell del mar ha fluctuat, pujat i baixat, en funció de les condicions climàtiques globals, a mesura que s'acumulava més o menys gel sobre els continents i es produïen fases de desgels.

A la Taula 2 es mostren les datacions de carboni 14 (^{14}C) de diferents nivells sedimentaris, que hem fet servir per extrapolar l'edat de cada una de les mostres analitzades, podent així atribuir una escala cronològica als resultats palinològics. A més, a la Taula 3 hi figuren els trets característics de cada un d'aquests successos climàtics.

seqüència	fondària (cm)	anys BP radiomètrics	anys BP calibrats	material datat	referència laboratori
La Mar Morta (Cubelles)	130-140 204-213 320-322 424-438	950 $\pm$ 50 2390 $\pm$ 130 3680 $\pm$ 80 5040 $\pm$ 70	870 2480 4030 5790	sediment orgànic sediment orgànic sediment orgànic torba	Gd-5918 Gd-6597 Gd-7041 Gd-5919
La Plana del Castell (Cunit)	203 385	3270 $\pm$ 35 4430 $\pm$ 40	3460 $\pm$ 35 5105 $\pm$ 40	sediment orgànic sediment orgànic	Poz-132668 Poz-132667
Les Madrigueres (El Vendrell)	205 (SM-2) 425 (SM-2)	1560 $\pm$ 30 3560 $\pm$ 30	1415-1475 3850	sediment orgànic restes vegetals	Beta-457434 Beta-457435
El Gorg (Creixell)	140 255	3090 $\pm$ 40 5300 $\pm$ 40	3313 $\pm$ 45 6092 $\pm$ 71	carbó vegetal carbó vegetal	Beta-148772 Beta-145576
La Tanca (La Pineda, Vila-seca)	58 64 98 127 160 195	75 $\pm$ 30 moderna 970 $\pm$ 40 2125 $\pm$ 30 3080 $\pm$ 30 4360 $\pm$ 40	150 $\pm$ 120 865 $\pm$ 50 2075 $\pm$ 75 3305 $\pm$ 65 4918 $\pm$ 68	restes vegetals carbó/fusta carbó/fusta restes vegetals fusta carbó/fusta	Poz-23299 Beta-256408 Beta-256409 Poz-23298 Poz-23297 Beta-256410

Taula 2: Taula de les datacions de carboni-14 (^{14}C) dels dipòsits tractats en aquest article, necessàries per a atorgar una escala d'edat a les seqüències. L'any 'present' dels anys BP (*Before Present*, abans d'ara) correspon per convenció a l'any 1950 AD (*Anno Domini*). El terme de 'moderna' en una datació de ^{14}C es refereix al fet que s'ha obtingut una edat del futur i, per tant, errònia, per tractar-se d'una matèria orgànica massa recent

success climàtic	edat abans 1950	Cubelles (riu de Foix)	Cunit (riera de Cunit)	El Vendrell (riera de la Bisbal)	Creixell (torrent de la Murtra)	La Pineda (riu Francolí)
B1 M1	1400 1600 1800	Aigües salines Reculada vegetació termòfila Reculada coberta arbòria (AP) Expansió bedoll, faig i avet. Baixa freqüència d'incendis		Aigua estacional paleosòl Vegetació termòfila estable Coberta arbòria estable (AP) Baixa freqüència d'incendis	Aigua salina i estacional Vegetació termòfila estable Reculada coberta arbòria (AP) Baixa freqüència d'incendis	Aigua salina Reculada d'ullastre/olivera Reculada coberta arbòria (AP) Bedoll, faig i avet a muntanya
M2 B2	2300 2500 2600 2800	Aigües salines Reculada vegetació termòfila Reculada coberta arbòria (AP) Augment dels arbusts Bedoll, faig i avet a muntanya Pic d'incendis		Aigua estacional Paleosòl, fase erosiva Vegetació termòfila estable Reculada coberta arbòria Augment arbustiu de brucs Baixa freqüència d'incendis	Aigua estacional Reculada d'alzines i roures Reculada coberta arbòria (AP) Faig a muntanya Baixa freqüència d'incendis	Aigües salines Reculada vegetació termòfila Reculada coberta arbòria (AP) Inici augment faig a muntanya Inici expansió dels brucs
M3	3100 3200 3400	Salinització de l'aigua Reculada vegetació termòfila Coberta arbòria (AP) estable Avet, bedoll i faig a muntanya Petit pic d'incendis	Aigua estacional Paleosòl Baixa freqüència d'incendis	Aigua estacional Reculada coberta arbòria Inici de fases erosives Petit pic d'incendis	Aigua estacional Reculada vegetació termòfila Reculada coberta arbòria (AP) Incendis forestals freqüents	Salinització de l'aigua Reculada vegetació termòfila Reculada coberta arbòria (AP) Avet, bedoll i faig a muntanya Davallada d'arbusts
M4 B3	4000 4100 4200 4300	Aigües salines Reculada vegetació termòfila Reculada coberta arbòria (AP) Augment arbustiu dels brucs Baixa freqüència d'incendis	Aigües salines Fase erosiva Incendis freqüents		Aigües salines Vegetació termòfila estable Coberta arbòria (AP) estable Baixa freqüència d'incendis	Reculada vegetació termòfila Coberta arbòria en descens Augment dels roures (?)
M5	4700 5000 5300	Aigües dolces Reculada vegetació termòfila Reculada coberta arbòria (AP) Augment coberta arbustiva Petit pic d'incendis	Aigua dolça estacional Canvi sedimentari Fase erosiva Petits pics d'incendis		Aigües salines Reculada vegetació termòfila Reculada coberta arbòria (AP) Petit pic d'incendis	Aigües salines Reculada vegetació termòfila Reculada coberta arbòria (AP) Augment coberta arbustiva
B4 M6	5800 5900 6200 6500				Aigües salines Reculada vegetació termòfila Reculada coberta arbòria (AP) Pic d'incendis	Aigües salines Reculada vegetació termòfila Reculada coberta arbòria (AP)

Taula 3: Taula resum de la vegetació i estat de les maresmes entre el Foix i el Francolí, durant els episodis de canvi climàtic global dels darrers 7.000 anys

La crisi d'ara fa 6.500-5.800 anys (succés M6/B4)

Quan les primeres comunitats neolítiques habitaren aquestes terres, les aigües de les maresmes eren salobres, segons indica la presència de plantes halòfiles, com el llapó de mar (*Ruppia*), i les soses (amarantàcies del litoral); mentre que els percentatges d'espècies d'aigua dolça (ciperàcies, boga, *Sagittaria*, *Myriophyllum*, microalgues) presenten valors baixos o són absents (Fig. 4 i 5). Als estanys hi entrava menys aigua dolça, provinent dels cursos fluvials o brolladors, i els temporals hi aportaven més aigua del mar.

Es tracta d'una fase de clima fresc i sec, on s'observa una reculada de la vegetació termòfila (alzines, ullastres, murta, llentiscle) i del bosc en general (*Arboreal Pollen*, pol·len arbori, a partir d'ara «AP»), fet que facilita que hi hagi major freqüència d'incendis forestals (microcarbons a Fig. 4). Aquesta minsa obertura del bosc facilita un lleuger augment dels savinars. A muntanya es produeix una expansió del bedoll i l'abet.

La crisi d'ara fa 5.300-4.700 anys (succés M5)

Aquesta variació climàtica també va succeir durant l'època neolítica i va provocar una reculada de la vegetació termòfila (alzines, ullastre), així com de la coberta arbòria (AP), amb un augment de vegetació arbustiva (llentiscle, bruc) (Fig. 1, 4 i 5). Un ambient més fresc fa que la freqüència d'incendis forestals sigui baixa en aquesta època (Fig. 2 i 4).

Respecte a la salinitat de les aigües de les maresmes, s'observen diferències entre els aiguamolls del nord i els del sud. Les aigües de les maresmes del Foix i de la riera de Cunit són més dolces (amb presència de ciperàcies i gramínies, en contra dels valors baixos de soses o l'absència de *Ruppia*; Fig. 1) que les del torrent de la Murtra i les del riu Francolí, on es documenten percentatges alts de soses i *Ruppia* (Figs. 4 i 5).

La crisi d'ara fa 4.300-4.000 anys (succés B3/M4)

Aquest període marca un abans i després del clima a la Mediterrània i a escala planetària. En molts dels dipòsits estudiats (p. ex. Magny *et al.*, 2009; Mercuri *et al.*, 2011; Burjachs *et al.*, 2017; Piqué *et al.*, 2022) s'observa un canvi en el règim de pluges, que des de llavors han anat minvant i han estat menys repartides al llarg de l'any, provocant una accentuació dels períodes de sequera. Climàticament, aquest moment separa, convencionalment, l'holocè mitjà del recent. Constitueix, també, un període de canvis substancials en l'evolució cultural, ja que entren emigrants que porten el vas campaniforme, tot marcant el final del període neolític. A partir d'ara es disposarà, primer del coure i, després, de l'aliatge del bronze, i s'entra a l'edat dels metalls.

Les dades del Gorg (Creixell) demostren aquest canvi i al gràfic de la Fig. 6 hi ha representada la corba dels arbres caducifolis (mèscs), així com la seva tendència al

llarg dels darrers 6.500 anys. Els arbres caducifolis requereixen més disponibilitat de pluges que els mediterranis (xèrics), adaptats a la sequera estival. Per això, els valors dels tàxons mèsics ens serveixen de pluviòmetre i, tal com es veu al gràfic de la Fig. 6, la tendència a davallar és evident a partir d'aquestes dates (episodi de crisi B3/M4). D'altra banda, aquest gràfic demostra que els incendis forestals són presents en el territori, amb més o menys intensitat, i amb períodes de recurrència. Incendis que a voltes són afavorits per un clima sec i, a voltes, per la superposició de variables climàtiques i/o perturbacions antròpiques.

Durant aquest període, al nostre territori s'hi observa una certa reculada de la vegetació termòfila (alzines; Fig. 1 i 5) i de la coberta arbòria (AP), així com un augment dels arbusts (brucs, llentiscle; Fig. 1 i 5). Nogensmenys, a Creixell les corbes es mostren més estables (Fig. 4). D'altra banda, la freqüència dels incendis forestals varia localment, de manera que al Foix i al torrent de la Murtra és baixa, mentre que a la riera de Cunit és més alta.

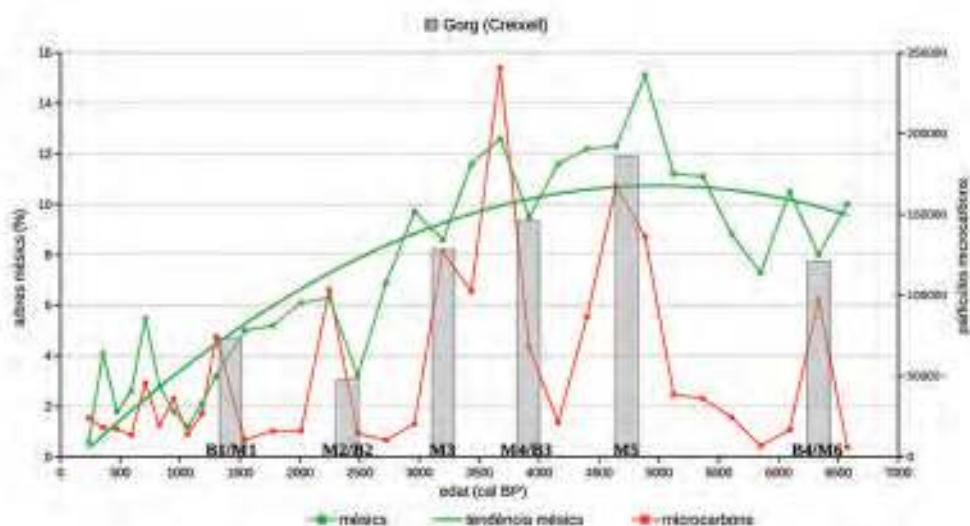


Fig. 6: Gràfica de l'evolució dels tàxons mèsics (arbres caducifolis) i dels incendis forestals en els darrers 6.500 anys, segons les anàlisis palinològiques efectuades al dipòsit sedimentari del Gorg (Creixell, Tarragonès). S'ha marcat amb rectangles verticals, de trama en gris, els períodes de crisi climàtica global

De fet, el tret que caracteritza aquest episodi és principalment la sequera. Es pot deduir que les aigües dels aiguamolls eren salabroses, perquè els percentatges dels arbres caducifolis (roures, vern), de les herbes ciperàcies i gramínies, i de les plantes d'aigua dolça, que viuen parcialment o totalment submergides (higro i hidròfites), així com les algues microscòpiques (Fig. 2), baixen els seus percentatges o són ab-

sents en les mostres. Contràriament, els valors de les plantes que suporten la salinitat (llapó de mar, soses) augmenten (Fig. 1, 4).

La crisi d'ara fa 3.400-3.100 anys (succés M3)

Durant l'edat del bronze succeeix una crisi climàtica menor, marcada per una forta tendència a la reducció de les pluges, tal com es mostra a la figura 6, amb la davallada de la corba de tàxons mèsics. Als sistemes d'aiguamolls petits, localitzats principalment a les desembocadures de la riera de Cunit, de la Bisbal i torrent de la Murtra, només hi ha aigua estacionalment, mentre que a la del Francolí les aigües són permanents, encara que salabroses.

La vegetació terrestre evidencia una nova reculada de tàxons termòfils (alzines, Fig. 1, 4 i 5) i de la coberta arbòria (AP, Fig. 3, 4 i 5) i s'hi observa un augment del conjunt arbustiu (llentiscle, bruc; Fig. 1), símptoma que el paisatge vegetal s'obre. A muntanya hi perviuen l'avet, el faig i el bedoll (Fig. 1 i 5). Hi ha pics d'incendis forestals al riu Foix (Fig. 1), la riera de la Bisbal (Fig. 3) i de la Murtra (Fig. 4), que comportaria l'augment d'arbusts.

La crisi d'ara fa 2.800-2.300 anys (succés B2/M2)

Als inicis de l'edat del ferro i de la formació de la cultura ibèrica, les aigües dels estanys eren salabroses, segons indica la forta presència de *Ruppia*, artemises i soses, components de la flora adaptada a la salinitat, així com per la baixa presència dels tàxons d'aigua dolça (ciperàcies, gramínies) (Fig. 1, 4 i 5). Aquests fets indiquen una davallada de pluges, mostrada per la corba de mèsics, Fig. 6).

En aquest moment es produeix una certa reculada de la vegetació termòfila (alzines -Fig. 3, 4 i 5-, ullastre/olivera -Fig. 1 i 3-) i dels boscos (AP, Fig. 1, 3, 4 i 5), paral·lelament a una extensió dels arbusts (llentiscle, bruc -Fig. 1 i 3- i presència de murtra al torrent de la Murtra, Fig. 4). A muntanya s'estenen bedoll, faig i avet (Fig. 1 i 4). Al sector nord (Foix, Fig. 1) es produeix un pic d'incendis forestals.

La crisi d'ara fa 1.800-1.400 anys (succés M1/B1)

Coincideix amb la fi de l'imperi romà d'occident. Les aigües dels estanys eren força salabroses (soses -Fig. 1, 4 i 5-, *Ruppia* -Fig. 4-, artemises -Fig. 5-) o els estanys estaven secs i/o dessecats (Fig. 2).

Durant aquesta fase també s'observa una reculada de la vegetació mesotermòfila (alzina -Fig. 1 i 4-) i de la coberta arbòria (AP, Fig. 1, 4 i 5). Els arbusts (llentiscle, brucs; Fig. 1) s'expandiran a partir d'ara, a mesura que el bosc va minvant (Fig. 1, 4 i 5). El bedoll, avet i faig perviuen a les muntanyes (Fig. 1, 4 i 5). En general, la freqüència d'incendis és baixa.

Conclusions

No hi ha una correlació exacta entre els canvis climàtics documentats en els cinc dipòsits estudiats, però s'ha de tenir en compte que es tracta d'estudis encara escassos, sobretot per manca de disponibilitat econòmica i de projectes de recerca. Per exemple, la quantitat de datacions radiocarbòniques (^{14}C) és mínima i, això fa que l'assignació d'una edat a cada mostra pugui presentar inexactituds cronològiques que dificulten les correlacions. Tanmateix, cal tenir en compte que a escala local hi poden haver hagut diferències entre els llocs analitzats, malgrat llur proximitat geogràfica, a causa de l'ús antròpic del territori.

Els incendis forestals són constants, típics de la vegetació mediterrània, encara que la seva intensitat i extensió varia segons la climatologia global i/o l'ocupació antròpica del territori en cada moment. Habitualment, els pics màxims d'incendis solen coincidir amb moments de crisi climàtica de sequera. Sembla observar-se que la intensitat dels focs va disminuint a mesura que ens acostem a l'actualitat, ja que, tal com ens ho mostra la corba d'AP, la massa forestal va disminuint progressivament, de manera que cada vegada hi ha menys combustible per a cremar. L'excepció és marcada pel diagrama del Foix, car és el curs fluvial amb més àrea de captació, i el dipòsit de Cubelles, recull els incendis d'una àrea més extensa. Caldria veure què succeeix amb la conca del Francolí, dades de les quals no en disposem.

Durant els períodes de canvi climàtic (successos climàtics d'escala global), quan la temperatura mitjana del planeta davallava i/o es produïen sequeres, la densitat dels boscos disminuïa i les espècies més termòfiles es podien veure afectades, segons indiquen els diagrames pol·línics presentats.

D'altra banda, es constata que la màquia i l'alzinar litoral no ha canviat de composició durant aquests darrers 7.000 anys, de l'actual interglacial (Holocè). Tanmateix, s'observen canvis de densitat en la seva cobertura, que augmenta o disminueix en funció dels canvis climàtics globals i/o successos històrics d'ocupació i gestió del territori.

Cal tenir en compte, també, la pujada i baixada del nivell del mar que afectà les platges del nostre litoral, si bé des de fa 7.000 anys, aquestes oscil·lacions estan força estabilitzades. En aquest sentit, un estudi (Brisset *et al.*, 2018) realitzat al litoral de Pego-Oliva (País Valencià) ens demostra que allí el mar va anar pujant fins fa 7.730 anys (d'ençà del desglaç de la darrera glaciació), per a davallar a l'actual línia de costa, ara fa 5.760 anys.

Altrament, aquest sector de la costa ha estat poc estudiat des del punt de vista tectònic i no tenim prou informació per saber com ha anat afectant la subsidència de les nostres platges.

Una de les variables que explica la minva de les nostres platges i aiguamolls és la urbanització d'aquest territori (construcció de cases, ports, embassaments, extracció

de sorres de la platja, extracció d'aigua del subsol, etc.), que provoca una menor disponibilitat i aportació de sediments pels cursos fluvials i una probable subsidència del terreny, deguda a l'enfonsament de la capa freàtica. A més, el fet que des de fa 4.000 anys les pluges siguin menors, tampoc ha afavorit el creixement de les platges.

Evidentment, les maresmes més estables foren les de les desembocadures del Foix i del Francolí, que són els cursos fluvials més llargs. Actualment, però, aquests aiguamolls estan reduïts a la mínima expressió, a causa de la pressió/especulació urbanística. D'altra banda, respecte als aiguamolls del Gaià, no en tenim informació, perquè encara no s'ha estudiat cap seqüència des del punt de vista paleoambiental i geomorfològic.

Glossari de termes

Anàlisi palinològica: identificació, recompte, càlculs estadístics i representació gràfica dels resultats de pòl·lens i, per extensió, d'espores. La identificació i el recompte es fan a partir d'una preparació biològica de microscòpia sota microscopi òptic de transmissió. Contempla distintes aplicacions, com ara la reconstrucció de la història de la vegetació i, per deducció, del clima, a partir d'una seqüència de mostres obtinguda mitjançant l'extracció de sediments d'un dipòsit en testimoni continu (vegeu «extracció de testimoni continu»).

Arbre caducifoli: arbre de fulla caduca, aquells que els cau la fulla a la tardor, com ara els roures, plàtans, aurons, morera, etc.

Carboni 14: isòtop radioactiu natural del carboni, que s'acumula en els éssers vius i que serveix per datar el moment de la seva mort. Núclid radioactiu natural del carboni, d'una vida mitjana de 5.580 anys.

Cicle interglacial: període climàtic comprès entre dues glaciacions, caracteritzat per un clima temperat i una transgressió marina (vegeu «transgressió marina»). Actualment, el planeta està al final d'un període interglacial que, per convenció, anomenem «holocè».

Crisi climàtica global: canvi climàtic que afecta tot el planeta. Cal tenir en compte que n'hi ha que només afecta una part del planeta.

Dipòsit holocènic: estrats geològics que s'han anat formant (dipositant) durant els darrers 11.700 anys, període climàtic que anomenem «holocè». Són els estrats més recents de la història del nostre planeta.

Extracció de testimoni continu: sistema de perforació del subsol mitjançant el qual s'extreuen les capes o materials sense barrejar-los, fet que permet separar i conèixer millor els diferents nivells o capes. Els testimonis de sediments extrets amb aquest sistema permeten mostrejar a intervals tot al llarg de la seva seqüència per a distintes anàlitzes, com per exemple, l'anàlisi palinològica.



Fig. 7: Exemple de testimonis d'extracció continua on es travessen inalterades capes de llims i argiles rogencs i damunt trams de llots orgànics, on poder mostrejar

Màquia: bosquina esclerofíl·la densa i ombrívola formada per arbustos alts (1,5-2 m), pròpia de les terres mediterrànies, amb estius extremament secs. La majoria d'espècies que hi viuen són de fulla perenne, com ara alzines, llentiscle, brucs, etc.

Microcarbons: fragments microscòpics de carbó que es dispersen per l'atmosfera quan es cremen vegetals llenyosos i que, al final, acaben caient per gravetat i sedimentant-se. La majoria provenen d'incendis forestals. Es troben i es recompten entre el residu palinològic.

NPP o NPPs: Vegeu «palinomorf».

Paleopalinologia: disciplina que estudia les restes fòssils de pol·len, espores i palinomorfs.

Palinologia: part de la botànica que estudia el pol·len i, per extensió, les espores. Estudi del pol·len i de les espores actuals i fòssils. Més informació a <https://ca.wikipedia.org/wiki/Palinologia>

Palinomorf: qualsevol cos amb aparença de gra de pol·len. Entre el residu palinològic obtingut després del tractament de sediments al laboratori hi ha, a banda de pòl·lens i espores de falgueres, altres restes microscòpiques que poden pertànyer a briòfits (molses), algues, fongs, insectes, àcars, etc., així com a altres formes que no

podem determinar perquè no sabem, encara, quin ésser viu la va produir. Aquests palinomorfs els abregem com NPPs (Non-Pollen Palynomorphs) per convenció internacional.

Plana fluvial/costanera: terrenys al voltant de la xarxa de rius, valls i costa marítima on s'acumulen sediments. Aquests dipòsits naturals solen contenir restes vegetals i pol·líniques fòssils.

Succés climàtic: episodi climàtic que afecta, més o menys, a tot el planeta, depenent de la seva latitud i longitud. Aquests períodes es diferencien dels interglacials i interestadials perquè són de curta durada.

Transgressió marina: pujada del nivell del mar, a causa del desglaç, produït per un augment de temperatures global, fet que ha anat succeint durant les fases interglacials o interestadials i que s'han anat produint periòdicament en el nostre planeta.

Agraïments

Volem agrair als Ajuntaments del Vendrell i de Cunit l'ajut rebut per a la realització dels sondatges per al reconeixement geològic del subsòl i pel finançament de les anàlisis palinològiques a les maresmes dels seus municipis. També, als projectes «PID2020-113664RB-100» (MINECO) i «ICREA Academia 2019 Schulte», que han contribuït a pagar noves datacions de ^{14}C per al Gorg (Creixell).

Referències bibliogràfiques

- ALBALAT, D., GÓMEZ, M. (2017). *Realització de dos sondeigs per al reconeixement geològic del quaternari de l'espai protegit de Les Madrigueres (El Vendrell)*. Informe inèdit, entregat a l'Ajuntament del Vendrell.
- ALBALAT, D., MALLOFRÉ, A., (2019). *Reconeixement geològic preliminar del quaternari de l'espai de la Plana del Castell (Cunit)*. Informe inèdit, entregat a l'Ajuntament de Cunit.
- BOND, G., SHOWERS, W., CHESEBY, M., LOTTI, R., ALMASI, P., DEMENOCAL, P.B., PRIORE, P., CULLEN, H., HAJDAS, I., BONANI, G. (1997). "A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates". *Science*, 278: 1257-1265. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.278.5341.1257>
- BRISSET, E., BURJACHS, F., BALLESTEROS-NAVARRO, B.J., FERNÁNDEZ-LÓPEZ DE PABLO, J. (2018). "Socio-ecological adaptation to Early-Holocene sea-level rise in the western Mediterranean". *Global and Planetary Change*, 169: 156-167. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092181811830242X>
- BURJACHS, F. (2003). «Paisatges i climes medievals de la façana ibèrica nord-occidental». In: J.M. RUEDA, J. TURA (Eds.), *Actes del Congrés Els castells medie-*

- vals a la Mediterrània Nord-Occidental*: 231-246. Museu Etnològic del Montseny, Arbúcies. https://www.academia.edu/2509514/Paisatges_i_climes_medievals_de_la_fa%C3%A7ana_ib%C3%A8rica_nord_occidental
- BURJACHS, F. (2012). «Creixell, Tarragona, Holoceno (6090-3313 años cal. BP)». In: J.S. Carrión (Ed.), *Paleoflora y Paleovegetación de la Península Ibérica e Islas Baleares: Plioceno-Cuaternario*: 317-319). Ministerio de Economía y Competitividad. https://bibdigital.rjb.csic.es/medias/91/1a/6d/ca/911a6dca-a66d-4177-bd80-942f90f97178/files/CARRION_Paleofl_Paleoveg_Peninsula_iberica_2012.pdf
- BURJACHS, F. (2022). «Creixell, Tarragonès, Torredembarra, Tarragona. Holoceno (6090-3313 años cal. BP)». In: J.S. Carrión (Ed.), *Paleoflora y Paleovegetación de la Península Ibérica III: Holoceno*: 319-322. Ministerio de Ciencia e Innovación y Fundación Séneca, Murcia. <https://www.paleofloraiberica.org/>
- BURJACHS, F., SCHULTE, L. (2003). «El paisatge vegetal del Penedès entre la Prehistòria i el Món Antic». In: J. GUITART, J.M. PALET, M. PREVOSTI (Eds.), *Territoris antics a la Mediterrània i a la Cossetània oriental*: 249-254. Direcció General del Patrimoni Cultural, Servei d'Arqueologia, Departament de Cultura, Generalitat de Catalunya. https://www.academia.edu/2508974/El_paisatge_vegetal_del_Penedès_entre_la_Prehistòria_i_el_Món_Antic
- BURJACHS, F., RIERA, S. (1996). «Canvis vegetals i climàtics durant el neolític a la façana mediterrània ibèrica». *Rubricatum*, 1 (I), 21-27. https://www.academia.edu/2419023/Canvis_vegetals_i_clim%C3%A0tics_durant_el_Neol%C3%ADtic_a_la_fa%C3%A7ana_mediterr%C3%A0nia_ib%C3%A8rica
- BURJACHS, F., PÉREZ-OBÍOL, R., PICORNELL-GELABERT, Ll., REVELLES, J., SERVERA-VIVES, G., EXPÓSITO, I., YLL, E.I. (2017). “Overview of environmental changes and human colonization in the Balearic Islands (Western Mediterranean) and their impacts on vegetation composition during the Holocene”. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 12: 845-859. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352409X16306289>
- CARULLA, N., ALBALAT, D., JÓDAR, J. (2008). «Bases geològiques e hidrogeològiques para la naturalización de una zona fluvio-litoral: Las Madrigueras de la Riera de La Bisbal (El Vendrell), Tarragona». *Geo-Temas*, 10: 1085-1088. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8274560>
- CARULLA, N., ALBALAT, D. (2008). «Fonaments geològics i hidrogeològics per la naturalització d'una zona fluvio-litoral: les Madrigueres de la riera de la Bisbal (el Vendrell), Tarragona». *Del Penedès*, 19: 17-29. <https://raco.cat/index.php/DelPenedes/article/view/137095>
- COLLADO, R., GIMENO, M., ROCA, E., ALBALAT, D. (2021). *Les Madrigueres, guia de l'Espai Natural*, GEVEN. <https://geven.cat/guia-de-les-madrigueres/>

- FRIGOLA, J., MORENO, A., CACHO, I., CANALS, M., SIERRO, F., FLORES, J., GRIMALT, J., HODELL, D., CURTIS, J. (2007). «Holocene climate variability in the western Mediterranean region from a deepwater sediment record». *Paleoceanography*, 22 (2), 1–16. <http://dx.doi.org/10.1029/2006PA001307>
- GRIMM, E.C. (1987). “Coniss: A Fortran 77 Program for Stratigraphically Constrained Cluster Analysis by the Method of Incremental Sum of Squares”. *Computers & Geosciences*, 13: 13-35. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(87\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7)
- JALUT, G., ESTEBAN-AMAT, A., BONNET, L., GAUQUELIN, T., FONTUGNE, M. (2000). “Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain”. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 160, 255-290. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(00\)00075-4](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00075-4)
- MAGNY, M., VANNIÈRE, B., ZANCHETTA, G., FOUACHE, E., TOUCHAIS, G., PETRIKA, L., COUSSOT, C., WALTER-SIMONNET, A.-V., ARNAUD, F. (2009). “Possible complexity of the climatic event around 4300-3800 cal. BP in the central and western Mediterranean”. *The Holocene*, 19 (6): 823-833. <https://doi.org/10.1177/0959683609337360>
- MERCURI, A.M., SADORI, L., UZQUIANO, P. (2011). “Mediterranean and north-African cultural adaptations to mid-Holocene environmental and climatic changes”. *The Holocene*, 21 (1): 189-206. <https://doi.org/10.1177/0959683610377532>
- PIQUÉ, R., REVELLES, J., RIERA, S., ALCOLEA, M., ALLUÉ, E., EJARQUE, A., BURJACHS, F., GARCÉS-PASTOR, S., MAS, B., MIRAS, Y., OBEA, L., PÈLACHS, A., PÉREZ-OBÍOL, R., VEGAS-VILLARÚBIA, T. 2022, «El paisatge i l'aprofitament de recursos forestals durant el neolític antic a Catalunya». *Cypsela*, 22: 27-54. <https://www.raco.cat/index.php/Cypsela/article/view/405607>
- RIERA, S. (1994). *Evolució del paisatge vegetal holocè al Pla de Barcelona, a partir de les dades pol·líniques*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/2445/42642>
- RIERA, S. (2022). «Garraf, Cubelles, Barcelona. Holoceno (5790-870 años cal. BP)». In: J.S. Carrión (Ed.), *Paleoflora y Paleovegetación de la Península Ibérica III: Holoceno*: 326-329. Ministerio de Ciencia e Innovación y Fundación Séneca, Murcia. <https://www.paleofloraiberica.org/>
- RIERA, S., ESTEBAN, A. (1994). «Vegetation history and human activity during the last 6000 years on the central Catalan coast (northeastern Iberian Peninsula)». *Vegetation History and Archaeobotany*, 3, 7-23. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00208885>
- RIERA, S. (2003). «Evolució vegetal al sector de Vilanova-Cubelles (Garraf) en els darrers 3000 anys: processos naturals i transformacions antròpiques d'una plana litoral mediterrània». In: J. GUITART, J.M. PALET, M. PREVOSTI (Eds.), *Territoris antics a la Mediterrània i a la Cossetània oriental*: 303-312. Servei d'Arqueologia, Departament de Cultura, Generalitat de Catalunya, Barcelona. <https://>

- www.academia.edu/1132724/Evoluci%C3%B3_vegetal_al_sector_de_Vilanova_Cubelles_Garraf_en_els_darreres_3000_anys_processos_naturals_i_transformacions_antr%C3%B2piques_duna_plana_litoral_mediterr%C3%A0nia
- RIERA, S., MIRAS, Y., GIRALT, S., SERVERA, G. (2010). «Evolució del paisatge vegetal al Camp de Tarragona: estudi pol·línic de la seqüència sedimentològica procedent de l'aiguamoll de la Sèquia Major (la Pineda, Vila-seca)». In: M. PREVOSTI, J. et GUITART-DURAN (Eds.), *Ager Tarraconensis. Aspectes històrics i marc natural*. Institut Català d'Arqueologia Clàssica, Tarragona. Revista *Documenta*, 16: 163-173. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3669312>
- RIERA, S. (2012). «Cubelles, Garraf, Barcelona, Holoceno (5790-870 años cal. BP)». In: CARRIÓN, J. (coord.), *Paleoflora y Paleovegetación de la Península Ibérica e Islas Baleares: Plioceno-Cuaternario*. Ministerio de Economía y Competitividad y Universidad de Murcia, Madrid, 994 pp. https://bibdigital.rjb.csic.es/medias/91/1a/6d/ca/911a6dca-a66d-4177-bd80-942f90f97178/files/CARRION_Paleofl_Paleoveg_Peninsula_iberica_2012.pdf
- SCHULTE, L. (2003). "River-response and terrace aggradation in the Mediterranean Iberian Peninsula during historical times". In: V.R. THORNDYCRAFT, G. BENITO, M. BARRIENDOS, M.C et LLASAT (Eds), *Palaeofloods, Historical Data and Climatic Variability: Applications in Flood Risk Assessment*: 67-72, CSIC, Madrid.
- VAL-PEÓN, C., BURJACHS, F., EXPÓSITO, I. (2017). *Informe palinológico del sondeo SM-2 de Les Madrigueres (El Vendrell)*. Inèdit, entregat a l'Ajuntament del Vendrell.